Brechungsexponent für Natriumlicht und Dissoziationsgrad wässeriger Salzlösungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät der Universität zu Rostock

vorgelegt von

Erich Rubien

aus Rostock.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Rostock 1911.

Gedruckt mit Genehmigung der philosophischen Fakultät
zu Rostock.

Referent: Herr Prof. Dr. A. Heydweiller.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553615_0095

Einleitung.

In den letzten Jahren wurde im hiesigen physikalischen Institute der Untersuchung der physikalischen Eigenschaften wässeriger Salzlösungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die nahen Beziehungen zwischen der Dichte und dem Dissoziationsgrade solcher Lösungen wurden von Herrn Prof. A. Heydweiller als lineare Abhängigkeit erkannt und in die Form

$$\Delta s = Bs + (As - Bs)\, i$$

gebracht.*)

Da manche Analogien zwischen der Dichte und dem Lichtbrechungsvermögen vorhanden sind, lag es nahe, auch die optischen Eigenschaften einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen und sie in Beziehung zum Dissoziationsgrade zu setzen.

Die Durcharbeitung der Literatur ergab, dass verhältnismässig wenig für diesen Zweck brauchbares Material vorlag. Bei den meisten Angaben über Brechungsexponenten war der Mangel einer einheitlichen Temperatur fühlbar. Bei anderen erstreckten sich die Beobachtungen über einen zu kleinen Konzentrationsbereich. Sofern es auf die Beziehung zu den Leitvermögen bzw. Dissoziationsgraden ankommt, die für viele Salzlösungen nur bei 18^0 genau bestimmt sind, muss möglichst an dieser Temperatur festgehalten werden. Die Tabellen von C. Bender und K. Wegner, sowie ein Teil der von C. Chéneveau*) waren verwendbar und werden an geeigneter Stelle erwähnt.

*) Siehe das Literaturverzeichnis am Schluss der Arbeit.

Auf Veranlassung von Herrn Prof. A. Heydweiller habe ich daher durch neue Beobachtungen das vorhandene Material beträchtlich erweitert. Bei der Auswahl der Substanzen wurde Wert darauf gelegt, die von oben genannten Autoren gelassenen Lücken auszufüllen, vorhandene Unsicherheiten nachzuprüfen und hauptsächlich einige durchgehende Reihen für Anionen und Kationen zu erhalten, wie z. B. für Nitrate, Chlorate, Acetate und Salze von Rb, Na, K, H. Jedoch wurden nur Salze untersucht, deren elektrisches Leitvermögen bei 18° sicher bekannt war.

Meine Beobachtungen erstreckten sich auf die Lösungen von 46 Substanzen, von denen je 6 — in einigen Fällen 4 oder 5 — zwischen 0.1 bis 4fach normal liegende Konzentrationen hergestellt waren.

Sämtliche Beobachtungen wurden für die Natriumlinie bei 18° ausgeführt.

Methode.

Die Bestimmung des Brechungsexponenten wurde mit einem Pulfrich'schen Refraktometer aus der Fabrik von Zeiss - Jena ausgeführt.

Einige zunächst mit dem Abbe'schen Refraktometer angestellte Untersuchungen ergaben eine Ungenauigkeit von ca. 2 Einheiten in der 4. Dezimale, die dadurch hervorgerufen wurde, dass die Lösung nach der Berührung sofort die Temperatur des Apparates annahm, die weder genügend bekannt war, noch hinreichend lange konstant gehalten werden konnte.

Für den vorliegenden Zweck musste deshalb der Apparat von Pulfrich gewählt werden, bei dem durch einen fliessenden Wasserstrom eine Temperaturschwankung verhindert werden kann. Die Differenzen gegen die Normaltemperatur von 18° betrugen nie mehr als 0.05°, eine Abweichung, die nach den angestellten Versuchen keinen Einfluss auf die 5. Dezimale des Brechungsexponenten hatte.

Bestimmung des Brechungsexponenten.

Bei dem Pulfrich'schen Refraktometer beobachtet man bekanntlich den Winkel, den ein Strahl mit seiner ursprünglichen Richtung bildet, nachdem er aus der Lösung streifend in einen Glaswürfel eingetreten und aus diesem durch eine angrenzende Fläche wieder in Luft ausgetreten ist. Der Brechungsexponent n ergibt sich dann nach einer einfachen geometrischen Ueberlegung nach der Formel $n = \sqrt{N^2 - \sin^2 i}$, wo N den Brechungsexponenten des benutzten Würfels und i den abgelesenen Winkel bedeutet. Eine dem Apparate beigegebene Tabelle gab zu jedem i das zugehörige n.

Der Verlauf einer Versuchsreihe war folgender:

Es wurde der Ablenkungswinkel für destilliertes Wasser festgestellt und diese Einstellung auf der Mikrometerschraube als Nullstellung benutzt. Die Ablesungen der Lösungen ergaben sich, bei den verdünntesten beginnend, als Differenzen gegen die Einstellung des Wassers. Jede Einstellung wurde viermal wiederholt und das Mittel daraus genommen. Die Mikrometerschraube erlaubt eine Genauigkeit der Ablesung bis auf 0.1 Minuten. Eine Fehlerquelle lag in der Einstellung des Fadenkreuzes auf die Grenzlinie des hellen und dunklen Gesichtsfeldes. Die Abweichungen betrugen untereinander bis 0.2, selten 0.3 Minuten, die das Resultat um ca. 1 Einheit der 5. Dezimale beeinflussten. Zur Erläuterung möge ein Beispiel dienen:

Für destilliertes Wasser ergab sich die Ablenkung $\sphericalangle i = 67^0\ 18'.7$ als Durchschnitt von etwa 30 Ablesungen, die jede zu Beginn einer Versuchsreihe gemacht wurde. Dazu kam eine Korrektionskonstante des Apparates von 4'.4 Minuten als Abweichung des Nullpunktes der Skala gegen die Horizontaleinstellung. Also wurde $\sphericalangle i = 67^0\ 23'.1$; hieraus folgte $n_0 = 1.33327$ bei 18.0^0. Nun wurde z. B. gefunden für die Konzentration $m = 0.992$ des $Sr^1/_2ClO_3$ eine Differenz gegen die Einstellung des Wassers

$-2^0\ 52'.2$
52.4
52.5
52.4

$-2^0\ 52'.38$, woraus sich ergibt

$67^0\ 23'.1$
$-\ 2^0\ 52.38$

$\sphericalangle i = 64^0\ 30'.72$ und $n = 1.34719$.

Es hätte ergeben

$-2^0\ 52'.2 : \sphericalangle i = 64^0\ 30'.9,\ n = 1.34718.$
$-2^0\ 52'.5 : \sphericalangle i = 64^0\ 30'.6,\ n = 1.34720.$

Bestimmung der Dichte.

Um eine möglichst sichere Feststellung der Konzentrationen zu erhalten, wurde auf die genaue Bestimmung des spezifischen Gewichtes besonderer Wert gelegt. Die Auftriebsmethode mit Hülfe einer Analysenwage von Sartorius lieferte eine Genauigkeit der Dichte bis zur 5. Dezimale.

Wie bei A. Heydweiller[1]) angegeben, tauchten zwei Reagenzgläser, das eine mit der Lösung, das andere mit destilliertem Wasser gefüllt, in ein Becherglas, das Wasser von 18° enthielt. Diese Temperatur liess sich leicht konstant halten, da auch das Zimmer bei allen Versuchen auf etwa 18° erwärmt war. Der Senkkörper von ca. 8 ccm hing an einem Platindraht, der zur Herabsetzung der Oberflächenreibung platiniert war.

Alle Wägungen wurden auf den leeren Raum reduziert.

Dissoziationsgrad.

Der aus dem elektrischen Leitvermögen berechnete Dissoziationsgrad der Lösungen wurde nach den spezifischen Gewichten aus den bereits vorliegenden Angaben interpoliert. Benutzt wurden die als sicher geltenden Tabellen von F. Kohlrausch[2]), A. Heydweiller[3]), H. Clausen[4]) und einigen anderen Autoren nach den Tabellen von Landolt und Börnstein.

Herstellung der Lösungen.

Von denjenigen Salzen, die nicht hygroskopisch waren, wurde eine vierfach Normallösung durch Abwägen des trockenen Salzes und unter Berücksichtigung des Kristallwassergehalts als Ausgangslösung hergestellt. Bei den hygroskopischen Salzen mussten die Konzentrationen der ca. vierfach Normallösungen nach Untersuchung der Dichte interpoliert werden, ein Verfahren, das ich bei allen Lösungen zur Kontrolle eingehalten habe. Von den schwer löslichen Substanzen wurden gesättigte Lösungen hergestellt und dann auf die graden Konzentrationen verdünnt.

Die Verdünnung dieser Ausgangslösungen zu den nächstfolgenden Konzentrationen kam zunächst volumetrisch zur Ausführung, worauf aber jedesmal eine durch Wägung und Bestimmung des spezifischen Gewichtes ermöglichte genaue Berechnung der Volumenverhältnisse folgte.

Bei der Herstellung des Lithiumjodats verfuhr ich, um die leicht lösliche Modifikation zu erhalten, nach den Angaben, die

[1]) A. Heydweiller, Ann. d. Phys. (4) **30**, 877, 1909.
[2]) F. Kohlrausch und Holborn, Das Leitvermögen der Elektrolyte.
[3]) A. Heidweiller, Ann. d. Phys. **30**, 878, 1909.
[4]) H. Clausen, Inaug.-Diss., Rostock, 1911.

F. Mylius und R. Funk[1]) für das Magnesium- und Kalziumjodat machen. Die bei ca. 30°—40° gesättigte Lösung wurde einer plötzlichen Abkühlung in Eiswasser ausgesetzt. Die Untersuchung zeigte, dass eine ca. dreifach Normallösung vorlag im Gegensatz zu der anderen Modifikation, die gesättigt nur 1.6 normal ergab. (Vergl. H. Clausen, Inaug.-Diss. Rostock 1911.)

Sämtliche Rubidium-Salzlösungen, die Acetate von Na, Sr, $Pb^{1}/_{2}$, $Mg^{1}/_{2}$, Li, NH_4), ferner die Lösungen von HJO_3, HBr, AgF, NH_4F und $Na(SiO_3)^{1}/_{2}$ wurden von Herrn Prof. A. Heydweiller hergestellt und auch deren Dichte und Leitvermögen von ihm selbst bestimmt.

Ergebnisse.

Die Tabellen enthalten die Messresultate und Berechnungen, in denen die Bezeichnungen folgende Bedeutung haben:

$\gamma = \frac{m}{1000}$ die Konzentration in g-Aequivalent pro ccm.

$s^{18}/_{18}$ das spezifische Gewicht bei 18° bezogen auf Wasser von 18°.

n der Brechungsexponent für Natriumlicht bei 18.0°.

$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$ der Dissoziationsgrad bei 18.0°.

$\Delta n = \frac{n - n_0}{10\, n_0 \cdot \gamma} = 100\, \frac{n - n_0}{n_0 \cdot m}$ der aequivalente, prozentische, optische Dichtezuwachs der Lösung gegen Wasser von gleicher Temperatur.

$n_0 = 1.33327$ der Brechungsexponent des benutzten destillierten Wassers bei 18.0°.

Tabelle 1—46 enthalten die Angaben der 46 von mir untersuchten Lösungen.

Die Werte von Δn der verschiedenen Konzentrationen eines Salzes wurden graphisch in Beziehung zum Dissoziationsgrade gesetzt, wobei Δn die Ordinate und i die Abscisse darstellte. Es ergab sich nun, dass die 6 — bezw. 4 oder 5 — Punkte sich jedesmal mit Abweichungen, die innerhalb der Fehlergrenzen lagen, an eine grade Linie anschmiegten, so dass die lineare Beziehung,

[1]) F. Mylius und R. Funk, Wiss. Abh. d. Phys. Techn. Reichsanstalt, Bd. 3, S. 446, 1900.

die A. Heydweiller zwischen Dichte und Dissoziationsgrad nachgewiesen hat, auch zwischen Lichtbrechungsvermögen und Dissoziationsgrad zum Vorschein kam. Die Figuren auf S. 31, 32 veranschaulichen den Verlauf der graden Linien für einige der untersuchten Lösungen.

Die Abweichungen der verdünntesten Lösungen (0.1 und 0.2) einiger Salze, die meistens nach unten erfolgte, ebenso wie bei einigen ganz konzentrierten Lösungen, scheint — ähnlich der Beziehung der Dichte zum Dissoziationsgrad — allerdings einer gewissen Gesetzmässigkeit zu folgen, die nicht auf die Ungenauigkeit der Konzentrationsbestimmung in diesem Bereiche zurückzuführen ist. Ueber die Ursache dieser Erscheinung lässt sich vorläufig nichts Bestimmtes sagen. Die Untersuchung dieser Verhältnisse würde eine eigene Aufgabe bilden.

Die graphische Interpolation ergibt als Durchschnittspunkte der graden Linie mit den Ordinaten $i = o$ und $i = 1$ die Konstanten Bn und An der Beziehung $\Delta n = Bn + (An - Bn)\, i$, in der $An - Bn$ den Anteil darstellt, um den die Dissoziation den optischen Dichtezuwachs beeinflusst. Diese Beziehung ermöglicht eine Berechnung für jeden beobachteten Punkt der graden Linie für ein gegebenes i. Die Bedeutung der Konstanten An und Bn ist die, dass der Brechungsexponent einer normalen Jonen- (bezw. Molekül-) Lösung dargestellt wird durch

$$n = n_0 \left(1 + \frac{An}{100}\right) \text{ bezw. } n = n_0 \left(1 + \frac{Bn}{100}\right)$$

Die Ergebnisse sind in einer Kolonne neben den beobachteten Werten angegeben und die Differenzen mit d in der letzten Kolonne bezeichnet.

Die Werte für $n - n_0$ sind besonders eingereiht, um eine klare Uebersicht der Unterschiede zwischen den Brechungsexponenten der Lösungen und des Wassers zu geben.

Von früheren Untersuchungen über den Brechungsexponenten war das Material von C. Chéneveau am zahlreichsten, doch konnten hiervon nur die zwischen 16^0—19^0 beobachteten Lösungen in Betracht kommen. Auch hier trat die lineare Abhängigkeit deutlich hervor. Ebenso wurde das von C. Bender und K. Wegner beigebrachte Material nachgeprüft und in Uebereinstimmung mit dem übrigen gefunden. In der Tabelle 47 findet sich eine Zusammenstellung meiner und der von mir nach-

geprüften Salze. Bei den einzelnen Anionen und Kationen sind die Aequivalentgewichte beigefügt.

Bildet man für die Konstante An die Differenzen für zwei Anionen oder zwei Kationen, so ergibt sich annähernd immer derselbe Wert für zwei gleiche, unabhängig von dem andern Jon. Da daraus auf die Additivität der Joneneigenschaften auch für den optischen Dichtezuwachs zu schliessen war, berechnete ich für die einzelnen Jonen Moduln unter der willkürlichen Annahme $H = 0$. Die Moduln sind in Ermangelung eines Anhaltspunktes also nur bis auf eine additive Konstante von entgegengesetztem Vorzeichen für Anionen und Kationen bestimmt.

Eine Zusammenstellung der Moduln gibt Tabelle 48, wo auch die beobachteten und die aus den Jonen-Moduln berechneten Werte von An zusammengestellt sind.

Eine einfache Beziehung zwischen den Dichtemoduln (vergl. A. Heydweiller, Ann. d. Phys. **30**, 893, 1909) und diesen für die Beeinflussung des Brechungsindex berechneten Moduln besteht anscheinend nicht, jedoch wohl ein ungefährer Parallelismus in ihrer Beziehung zu den Aequivalentgewichten und den Jonenbeweglichkeiten. Trägt man die Werte der Moduln als Ordinate zu den Werten des Aequivalentgewichtes bezw. der Beweglichkeiten als Abscisse auf, so scheinen manche Punkte sich zu Kurvenzügen zusammenzuschliessen, von denen der für die zweiwertigen Kationen beträchtlich höher liegt, als der für die einwertigen. Es läge allerdings nahe, anzunehmen, dass die Werte der Moduln wie viele Eigenschaften periodische Funktionen der Atom- bezw. Aequivalentgewichte sind. Daraus liesse sich dann auch eine Beziehung zu den Dichtemoduln oder den Wanderungsgeschwindigkeiten erklären.

Dass die Natriumsalze kein auffälliges oder abweichendes Verhalten für die Brechung der Natriumlinie an den Tag legen, zeigt also, dass das Natriumion in Lösung ganz andere Eigenschaften hat, als das Natriummolekül oder -atom in Gaszustand.

Den Abschluss meiner Untersuchungen bildeten drei Dispersionsbestimmungen an Lösungen von $NaNO_3$, $Mg^1/_2\,Cl$ und HCl. Es wurden die Brechungsexponenten für die drei Wasserstofflinien $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ und für Natrium festgestellt und daraus wieder Δn für jede Linie berechnet. Unsere bekannte Beziehung erfüllte sich auch für die Wasserstofflinien, wie aus den Tabellen 50—52 hervorgeht. Der Verlauf der vier Geraden untereinander war ein fast

paralleler mit einer geringen Konvergenz nach der Seite der Punkte Bn hin. Sichere Schlüsse aus diesem geringen Material zu ziehen, wäre verfrüht; doch dürfte eine nähere Untersuchung dieser Verhältnisse eine dankbare Aufgabe sein.

Berechnung des Refraktions-Aequivalents des gelösten Moleküls und Vergleichung mit den Beobachtungen.

Nach H. Landolt stehen die Brechungskoeffizienten von Lösungen (allgemein von Gemengen) zu denen ihrer Bestandteile in der Beziehung

$$p\,\frac{n-1}{s} = p_1\,\frac{n_1-1}{s_1} + p_2\,\frac{n_2-1}{s_2} + \ldots,$$

wo p, n und s Masse, Brechungskoeffizient und Dichte der Lösung, $p_1\ p_2 \ldots$, $n_1\ n_2 \ldots$, $s_1\ s_2 \ldots$ die entsprechenden Werte der Bestandteile bedeuten. In dieser Formel sind die Massenanteile berücksichtigt, die erfahrungsgemäss eine weit bessere Annäherung als die Volumenanteile ergeben haben.

In 1000 ccm einer Normallösung vom spezifischen Gewicht s, deren Masse $p = 1000\ s$ beträgt, sind $p_1 = $ Mg Salz und daher $p_2 = (1000\ s - M)$ g Wasser enthalten. Wenn man mit n_1, s_1 und mit n_0, s_0 entsprechend den Brechungskoeffizienten und die Dichte des festen Salzes und des Wassers bezeichnet, so modifiziert sich obige Formel zu:

$$1000\ s\,\frac{n-1}{s} = M\,\frac{n_1-1}{s_1} + (1000\ s - M)\,\frac{n_0-1}{s_0}$$

oder: $$1000\,(n-1) = M\,\frac{n_1-1}{s_1} + (1000\,s - M)\,\frac{1}{3},$$

wenn wir $n_0 = \frac{4}{3}$ und $s_0 = 1$ setzen.

Führen wir in diese Gleichung die Konstanten Bn und Bs durch die Formeln

$$n = n_0\left(1 + \frac{Bn}{100}\right) \quad \text{(vergl. S. 7)}$$

und $s = 1 + \frac{Bs}{100}$ (vergl. A. Heydweiller Ann. d. Phys. **30**, 889, 1909) ein, so ergibt sich nach passender Umformung:

$$M\,\frac{n_1-1}{s_1} = \frac{1}{3}\left\{40\,Bn - 10\,Bs + M\right\}.$$

Hierin bedeutet $M \frac{n_1 - 1}{s_1}$ das molekulare Refraktions-Aequivalent des nicht dissoziierten Salzes in der Lösung.

Die Berechnung dieses Ausdrucks wurde an einigen von mir untersuchten Salzen durchgeführt, von denen der Brechungskoeffizient und die Dichte des trockenen Salzes bekannt waren. Die Angaben verschiedener Bestimmungen zeigen in vielen Fällen nur mangelhafte Uebereinstimmung, so dass mehrfach das Mittel genommen werden musste. Hierdurch wurde naturgemäss die Genauigkeit des molekularen Refraktions-Aequivalents beeinflusst.

Trotzdem ist, wie auch schon Chéneveau fand, eine ziemliche Uebereinstimmung der beiden Ausdrücke in der obigen Formel unverkennbar. Wie Tabelle 53, in der

$$R_1 = \frac{1}{3}\left\{40\,Bn - 10\,Bs + M\right\}$$

ist, zeigt, geben die Kalium-Salze die grösste Annäherung, während die Natrium- und Rubidium-Salze weniger gut übereinstimmen.

Die Annahme, dass die Eigenschaften des nicht dissozierten Moleküls mit denen des ungelösten Salzes übereinstimmen, auf deren Richtigkeit schon die Gleichheit der Konstante Bs, des beobachteten prozentischen, aequivalenten Dichtezuwachses eines nicht dissozierten Moleküls, mit dem berechneten Werte $M \frac{s_1 - s_0}{10\,s_1}$ hinweist, wird daher weiter dadurch bestätigt, dass sich für

$$M \frac{n_1 - 1}{s_1} \text{ und } \frac{1}{3}\left\{40\,Bn - 10\,Bs + M\right\}$$

nahezu der gleiche Wert ergibt.

Berechnet man weiter in analoger Weise das Refraktionsaequivalent der Jonen

$$R_2 = \frac{1}{3}\left\{40\,An - 10\,As + M\right\},$$

so findet man auch hierfür Zahlen, die meist bis auf einige Prozente mit denen für R_1 übereinstimmen; in einigen Fällen, z. B. bei den Fluoriden, sind aber auch weit grössere Abweichungen vorhanden.

Diese Abweichungen fallen zum Teil innerhalb der durch die Beobachtungsfehler bedingten Unsicherheit, zum Teil sind sie auch wohl grösser, aber nicht so viel, dass sich sichere Schlüsse daraus ziehen lassen.

Mit einiger Annäherung bestätigt sich auch an diesem erweiterten Beobachtungsmaterial und für grössere Konzentrationen die Feststellung von Hallwachs für verdünnte Lösungen, dass die elektrolytische Dissoziation die Lichtbrechung in der Hauptsache nur durch die Dichteänderung beeinflusst, so dass das Brechungsvermögen jedenfalls nur in geringem Masse dadurch geändert wird.

Zusammenfassung.

1. Wie für die Dichte von Lösungen, so lässt sich auch für die Brechungsexponenten die prozentische, aequivalente Aenderung $\Delta n = 100 \frac{n - n_0}{n_0 \cdot m}$ als lineare Funktion der Aequivalent-Leitfähigkeit, bezw. des Dissoziationsgrades darstellen innerhalb gewisser Konzentrationsgrenzen (etwa 0.1 bis 4fach normal).

Man kann dadurch den Einfluss der Jonen und der Moleküle auf die Lichtbrechung getrennt bestimmen.

2. Es ergibt sich, dass die Jonisation fast immer eine Zunahme der Lichtbrechung zur Folge hat. Die einzige bisher bekannte Ausnahme bildet HJ für die Lichtbrechung, wie auch für die Dichte.

3. Die Additivität der Joneneigenschaften bewährt sich auch hier. Es lassen sich daher für die einzelnen Jonen Moduln aufstellen, die freilich nur bis auf eine gemeinsame additive Konstante (von entgegengesetztem Vorzeichen für Anionen und Kationen) bestimmbar sind.

4. Die Vergleichung der Jonen-Moduln für die Lichtbrechung mit denen für die Dichte zeigt, dass zwar ein ungefährer Parallelismus vorhanden ist, insofern beide für die einatomigen Jonen im allgemeinen mit wachsendem Atomgewicht zunehmen und die zweiwertigen Jonen gegenüber den einwertigen bei etwa gleichem Aequivalentgewicht grössere Werte aufweisen; der öfter angenommene nahe Zusammenhang zwischen Lichtbrechung und Dichte besteht aber in dieser Hinsicht nicht. Das tritt besonders deutlich in einigen extremen Fällen hervor: Der Brechungsmodul von F. ist bedeutend kleiner als der von Cl., während die Dichtemoduln nahe gleich sind; anderseits haben Na, NH_4 und K nur wenig verschiedene Brechungsmoduln, während die Dichtemoduln sehr ungleich sind; ebenso Zu, Sr und Cd.

5. Es wird durch dieses erweiterte Beobachtungsmaterial die Feststellung von C. Chéneveau bestätigt, dass das molekulare Refraktions-Aequivalent $M \frac{n_1 - 1}{s_1}$ des festen Salzes, berechnet aus den Refraktions-Aequivalenten der Lösungsbestandteile mit Hülfe der beobachteten Konstanten Bn und Bs, die sich auf die nicht dissoziierten Moleküle beziehen, eine ziemliche Uebereinstimmung zeigt mit den sich direkt aus den Konstanten des festen Salzes ergebenden Werten.

Ebenso bestätigt sich auch für konzentriertere Lösungen mit einiger Annäherung der für verdünntere Lösungen von W. Hallwachs[1]) aufgestellte Satz:

> „dass die im Gange des elektrischen Leitvermögens ihren deutlichsten Ausdruck findenden konstitutiven Einflüsse (Dissoziation) auf das Brechungsvermögen keinen erkennbaren Einfluss ausüben.“

[1]) W. Hallwachs, Wied. Ann. **53**, 11, 1894.

Tabelle 1. $LiJO_3$.

An = 1,929. Bn 1,727.

m	n	$n - n_0$	$s_{18}/_{18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,1039	1,33584	0,00257	1,01632	0,767	1,862	1,882	[— 0,020]
0,2072	1,33841	0,00514	1,03242	0,699	1,864	1,868	— 0,004
0,518	1,34602	0,01275	1,08065	0,589	1,846	1,846	±
1,033	1,35850	0,02523	1,15983	0,461	1,830	1,820	+ 0,010
2,061	1,38247	0,04920	1,31510	0,311	1,790	1,790	±
3,084	1,40561	0,07234	1,46637	0,210	1,760	1,770	— 0,010

Tabelle 2. HJO_3.

An = 1,824. Bn = 1,669.

0,1001	1,33563	0,00236	1,01503	0,726	1,776	1,781	— 0,005
0,2003	1,33799	0,00472	1,02983	0,632	1,767	1,767	±
0,5022	1,34499	0,01172	1,07416	0,502	1,750	1,747	+ 0,003
1,004	1,35648	0,02321	1,14688	0,406	1,734	1,732	+ 0,002
2,010	1,37923	0,04596	1,29006	0,305	1,715	1,717	— 0,002
4,018	1,42429	0,09102	1,57120	0,202	1,699	1,700	— 0,001

Tabelle 3. $LiC_2H_3O_2$.

An = 0,775. Bn = 0,712.

0,0998	1,33427	0,00100	$1,00253_4$	0,750	0,759	0,759	±
0,1996	1,33528	0,00201	$1,00508_4$	0,676	0,755	0,755	±
0,5020	1,33826	0,00499	1,01267	0,502	0,746	0,744	+ 0,002
1,006	1,34318	0,00991	1,02510	0,422	0,739	0,739	±
2,078	1,35343	0,02016	1,05121	0,257	0,728	0,728	±
4,146	1,37247	0,03920	1,10011	0,098	0,710	0,718	— 0,008

Tabelle 4. $NaC_2H_3O_2$.

An = 0,906. Bn = 0,709.

0,1013	1,33443	0,00116	1,00413	0,780	0,859	0,863	— 0,004
0,5112	1,33895	0,00568	1,02119	0,624	0,833	0,832	+ 0,001
1,020	1,34436	0,01109	1,04131	0,522	0,816	0,812	+ 0,004
2,039	1,35463	0,02136	1,08041	0,378	0,786	0,784	+ 0,002
4,044	1,37337	0,04010	1,1534	0,196	0,744	0,748	— 0,004

Die geklammerten Werte sind bei der Herstellung der graphischen Beziehung nicht berücksichtigt, da sie wahrscheinlich zu den auf S. 7 erwähnten Abweichungen gehören.

Tabelle 5. $Mg_{1/2}\,C_2\,H_3\,O_2$.

An = 1,071. Bn = 0,905.

m	n	$n - n_0$	$s_{18}/_{18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,0969	1,33456	0,00129	1,00402	0,648	1,005	1,013	— 0,008
0,243	1,33649	0,00322	1,00983	0,534	0,994	0,994	±
0,603	1,34108	0,00781	1,02397	0,398	0,971	0,971	+
1,191	1,34840	0,01513	1,04683	0,280	0,953	0,951	+ 0,002
2,391	1,36287	0,02960	1,0914	$0,148_7$	0,929	0,929	±
3,713	1,37800	0,04473	1,1390	$0,071_6$	0,904	0,917	[— 0,013]

Tabelle 6. $Sr_{1/2}\,C_2\,H_3\,O_2$.

An = 1.250. Bn = 0,993.

0,2000	$1,33635_6$	0,00308	1,01400	0,588	1,157	1,144	+ 0,013
0,5018	1,34069	0,00742	1,03439	0,465	1,109	1,112	- 0,003
1,003	1,34782	0,01455	1,06808	0,356	1,088	1,084	+ 0,004
1,472	1,35421	0,02094	1,09854	0,283	1,067	1,066	+ 0,001
2,936	1,37275	0,03948	1,18970	0,143	1,009	1,030	- 0,021

Tabelle 7. $Pb_{1/2}\,C_2\,H_3\,O_2$.

An = 1,724. Bn = 1.282.

0,0811	1,33477	0,00150	$1,00978_4$	0,241	1,387	1,388	— 0,001
0,1615	1,33622	0,00295	1,01939	0,183	1,370	1,363	+ 0,007
0,4024	1,34042	0,00715	1,04776	0,119	1,333	1,335	— 0,002
0,8030	1,34736	0,01409	1,09468	0,0797	1,316	1,316	±
1,598	1,36090	0,02763	1,18686	0,0490	1,297	1,304	— 0,007
2,292	1,37258	0,03931	1,26684	0,0352	1,287	1,297	— 0,010

Tabelle 8. $NH_4\,C_2\,H_3\,O_2$.

An = 0,906. Bn = 0,726.

0,509	1,33893	0,00566		0,607	0,834	0,835	— 0,001
1,020	1,34445	0,01118		0,550	0,822	0,825	— 0,003
2,050	1,35521	0,02194		0,428	0,803	0,803	±
4,105	1,37537	0,04210		0,260	0,769	0,773	— 0,004

Tabelle 9. $K\,C_2\,H_3\,O_2$.

An = 0,917. Bn = 0,692.

0,1005	1,33444	0,00117	1,00507	0,838	0,873	0,879	— 0,006
0,2021	1,33557	0,00230	1,00990	0,792	0,854	0,870	— 0,016
0,4964	1,33884	0,00557	1,02399	0,716	0,843	0,853	— 0,010
0,9795	1,34417	0,01090	1,04644	0,637	0,834	0,835	— 0,001
1,9405	1,35425	0,02098	1,09005	0,518	0,811	0,809	+ 0,002
3,752	1,37174	0,03847	1,16814	0,344	0,769	0,769	±

Tabelle 10. **Ag F.**

An = 1,164. Bn = 0,646.

m	n	$n - n_0$	$s_{18/18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,1001	1,33464	0,00137	1,01280	0,800	1,034	1,061	[— 0,027[
0.2010	1,33603	0,00276	1,02556	0,737	1,030	1,028	+ 0,002
0,4034	1,33859	0,00532	1,05067	0,668	0,989	0,992	— 0,003
0,8044	1,34360	0,01033	1,10018	0,589	0,963	0,951	+ 0,012
1,584	1,35185	0,01858	1,19604	0,495	0,880	0,902	— 0,022
3,136	1,36838	0,03511	1,38206	0,376	0.840	0,841	— 0,001

Tabelle 11. **NH_4 F.**

An = 0,537. Bn = 0,141.

0,0974	1,33384	0,00057	1,00195	0,816	0,439	0,464	[— 0,025[
0,1994	1,33441	0,00114	1,00391	0,760	0,429	0,443	— 0,014
0,5041	1,33601	0,00274	1,00940	0,672	0,408	0,408	±
1,005	1,33839	0,00512	1,01776	0,594	0,382	0,377	+ 0,005
1,993	1,34243	0,00916	1,03223	0,501	0,345	0,340	+ 0.005
4,037	1,34896	0,01569	1,05659	0,380	0,292	0,292	±

Tabelle 12. **Na Cl O_3.**

An = 0,833. Bn = 0,579.

0,1039	1,33435	0,00108	1,00746	0,827	0,780	0,789	— 0,009
0,2061	1,33538	0,00211	1,01480	0,776	0,768	0,776	— 0,008
0,5138	1,33845	0,00518	1,03627	0,703	0,759	0,758	+ 0,001
1,0360	1,34329	0,01002	1,07072	0,627	0,740	0,738	+ 0,002
2,0084	1,35237	0,01910	1,13793	0,526	0,713	0,712	+ 0,001
3,987	1,36905	0,03578	1,26722	0,370	0,673	0,673	±

Tabelle 13. **$Mg_{1/2}$ Cl O_3.**

An = 0,980. Bn = 0,780.

0,1017	1,33454	0,00127	1,00718	0,761	0,936	0,932	+ 0,004
0,2025	1,33574	0,00247	$1,01409_5$	0,706	0,915	0,921	— 0,006
0,4963	1,33927	0,00600	1,03436	0,630	0,906	0,906	±
1,0037	1,34522	0,01195	1,06885	0,550	0,893	0,890	+ 0,003
1,9974	1,35646	0,02319	1,13527	0,445	0,871	0,869	+ 0,002
3,9845	1,37753	0,04426	1,26339	0,285	0,833	0,837	— 0,004

Tabelle 14. **$Cu_{1/2}$ Cl O_3.**

An = 1,210. Bn = 1,027.

0,09948	1,33481	0,00154	1,00929	0,752	1,161	1,164	— 0,003
0,1974	1,33630	0,00303	1,01834	0,701	1,151	1,154	— 0,003
0,4898	1,34072	0,00745	1,04515	0,625	1,142	1,141	+ 0,001
0,9776	1,34801	0,01474	1,08927	0,547	1,131	1,127	+ 0,004
1,954	1,36211	0,02884	1,17637	0,438	1,107	1,107	±
3,913	1,38893	0,05566	1,34633	0,275	1,068	1,075	— 0,007

Tabelle 15. $Cd_{1/2}ClO_3$.

An = 1,160. Bn = 1,005.

m	n	$n - n_0$	$s_{18}/_{18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,555	1,34140	0,00813	1,0613	0,6057	1,099	1,099	±
1,110	1,34929	0,01602	1,1216	0,5258	1,083	1,086	— 0,003
2,220	1,36504	0,03177	1,2411	0,4124	1,073	1,069	+ 0,004
4,440	1,39484	0,06157	1,4747	0,2446	1,024	1,043	— 0,019

Tabelle 16. $Zn_{1/2}ClO_3$.

An = 1,170. Bn = 0,920.

0,1051	1,33484	0,00157	1,00965	0,732	1,120	1,103	+ 0,017
0,21085	1,33632	0,00305	1,01923	0,681	1,103	1,090	+ 0,013
0,5266	1,34079	0,00752	1,04766	0,609	1,071	1,072	— 0,001
1,0570	1,34807	0,01480	1,09463	0,533	1,050	1,053	— 0,003
2,0977	1,36211	0,02884	1,18607	0,428	1,031	1,027	+ 0,004
4,203	1,38861	0,05534	1,36565	0,271	0,988	0,988	±

Tabelle 17. $Ca_{1/2}ClO_3$.

An = 1,101. Bn = 0,841.

0,4855	1,33979	0,00652	$1,0368_5$	$0,644_1$	1,008	1,009	— 0,001
0,971	1,34609	0,01282	1,0731	$0,572_5$	0,990	0,990	±
1,942	1,35827	0,02500	1,1446	$0,477_2$	0,966	0,965	+ 0,001
3,884	1,38121	0,04794	1,2829	$0,326_2$	0,926	0,926	±

Tabelle 18. $Sr_{1/2}ClO_3$.

An = 1,184. Bn = 0,890.

0,0996	1,33474	0,00147	1,01016	0,748	1,107	1,110	— 0,003
0,2017	1,33619	0,00292	1,02035	0,698	1,086	1,095	— 0,009
0,4981	1,34036	0,00709	1,04971	0,620	1,072	1,072	±
0,9920	1,34719	0,01392	1,09818	0,547	1,052	1,051	+ 0,001
1,981	1,36022	0,02695	1,1935	0,446	1,020	1,021	— 0,001
3,948	1,38454	0,05127	1,3779	0,288	0,974	0,975	— 0,001

Tabelle 19. $Ba_{1/2}ClO_3$.

An = 1,225. En = 1,015.

0,0975	1,33479	0,00152	1,01190	0,725	1,169	1,167	+ 0,002
0,1951	1,33626	0,00299	1,02373	0,672	1,148	1,156	— 0,008
0,468	1,34039	0,00712	1,05657	0,596	1,140	1,140	±
0,929	1,34733	0,01406	1,11164	0,522	1,134	1,125	+ 0,009
1,831	1,36020	0,02693	1,21734	0,425	1,103	1,104	— 0,001

Tabelle 20. $HClO_3$.

An = 0,677. Bn = 0,616.

m	n	$n - n_0$	$s_{18}/_{18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,4105	1,33694	0,00367	$1,0201_1$	0,870	0,671	0,669	+ 0,002
0,821	1,34053	0,00726	$1,0400_3$	0,813	0,664	0,666	− 0,002
1,642	1,34770	0,01443	$1,0796_3$	0,709	0,659	0,659	±
3,284	1,36163	0,02836	1,1583	0,527	0,648	0,648	±

Tabelle 21. NH_4CNS.

An = 1,366. Bn = 1,267.

0,1039	1,33513	0,00186	1,00187	0,861	1,343	1,352	− 0,009
0,2039	1,33693	0,00366	1,00363	0,828	1,346	1,349	− 0,003
0,5108	1,34242	0,00915	1,00898	0,778	1,343	1,344	− 0,001
1,0017	1,35136	0,01809	1,01743	0,745	1,345	1,341	+ 0,004
2,0082	1,36908	0,03581	1,03434	0,703	1,337	1,337	±
4,0127	1,40427	0,07100	1,06661	0,613	1,327	1,327	±

Tabelle 22. $KCNS$.

An = 1,392. Bn = 1,032.

0,0953	1,33499	0,00172	1,00480	0,862	1,354	1,342	+ 0,012
0,1916	1,33666	0,00339	1,00948	0,843	1,327	1,335	− 0,008
0,4837	1,34176	0,00849	1,02341	0,792	1,317	1,317	±
0,9737	1,35024	0,01697	1,04636	0,757	1,307	1,305	+ 0,002
1,9602	1,36722	0,03395	1,09163	0,718	1,291	1,291	±
3,9513	1,39938	0,06611	1,17905	0,616	1,255	1,254	+ 0,001

Tabelle 23. $NaNO_3$.

An = 0,804. Bn = 0,507.

0,1034	1,33430	0,00163	$1,0060_7$	0,826	0,747	0,753	− 0,006
0,2058	1,33528	0,00201	$1,0118_8$	0,779	0,733	0,739	− 0,006
0,5116	1,33813	0,00486	1,02899	0,702	0,713	0,715	− 0,002
1,025	1,34274	0,00947	1,05677	0,624	0,693	0,693	±
2,032	1,35111	0,01784	1,11047	0,518	0,659	0,661	− 0,002
3,979	1,36606	0,03279	1,21189	0,372	0,618	0,618	±

Tabelle 24. $Mg_{1/2}NO_3$.

An = 0,915. Bn = 0,727.

0,1028	1,33446	0,00119	1,00580	0,766	0,864	0,871	− 0,007
0,2050	1,33560	0,00233	1,01151	0,714	0,852	0,861	− 0,009
0,5058	1,33898	0,00571	1,02792	0,637	0,846	0,846	±
1,016	1,34453	0,01126	1,05517	0,559	0,832	0,832	±
2,015	1,35521	0,02194	1,10783	0,456	0,816	0,813	+ 0,003
4,023	1,37534	0,04207	1,20960	0,299	0,784	0,783	+ 0,001

Tabelle 25. $Cu_{1/2}NO_3$.

An = 1,145. Bn = 0,988.

m	n	$n - n_0$	$s_{18}/_{18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,0995	1,33472	0,00145	1,00788	0,762	1,094	1,108	[— 0,014]
0,1992	1,33618	0,00291	1,01570	0,707	1,097	1,099	— 0,002
0,4995	1,34049	0,00722	1,03882	$0,625_4$	1,084	1,086	— 0,002
1,025	1,34793	0,01466	1,07902	$0\,534_5$	1,073	1,072	+ 0,001
1,987	1,36120	0,02793	1,15132	$0,425_3$	1,054	1,055	— 0,001
3,97	1,38706	0,05379	1,29547	$0,264_4$	1,018	1,029	— 0,011

Tabelle 26. $Cd_{1/2}NO_3$.

An = 1,097. Bn = 0,947.

0,1012	1,33470	0,00143	1,00993	0,749	1,060	1,059	+ 0,001
0,2017	1,33608	0,00281	1,01955	0,688	1,045	1,050	— 0,005
0,4997	1,34018	0,00691	1,04831	0,593	1,037	1,036	+ 0,001
0,9963	1,34689	0,01362	1,09549	0,505	1,025	1,023	+ 0,002
1,985	1,35993	0,02666	1,18897	0,384	1,007	1,005	+ 0,002
3,984	1,38487	0,05160	1,37221	0,222	0,972	0,980	— 0,008

Tabelle 27. $Zn_{1/2}NO_3$.

An = 1,096. Bn = 0,902.

0,1026	1,33470	0,00143	1,00805	0,740	1,045	1,043	+ 0,002
0,2048	1,33609	0,00282	1,01600	0,698	1,033	1,038	— 0,005
0,5076	1,34018	0,00691	1,03917	0,623	1,021	1,023	— 0,002
1,0111	1,34690	0,01363	1,07751	0,549	1,011	1,009	+ 0,002
2,0147	1,35991	0,02664	1,15254	0,444	0,992	0,988	+ 0,004
4,0042	1,38420	0,05093	1,29706	0,288	0,954	0,958	— 0,004

Tabelle 28. $Ca_{1/2}NO_3$.

An = 1,049. Bn = 0,766.

0,1024	1,33457	0,00130	1,00641	0,730	0,952	0,973	[— 0,021]
0,2046	1,33584	0,00257	1,01269	0,671	0,942	0,956	[— 0,014]
0,5101	1,33959	0,00632	1,03105	0,583	0,929	0,931	— 0,002
1,016	1,34561	0,01234	1,06119	0,495	0,911	0,906	+ 0,005
2,030	1,35713	0,02386	1,11985	0,400	0,882	0,879	+ 0,003
4,053	1,37848	0,04521	1,23226	0,243	0,837	0,836	+ 0,001
5,504	1,39260	0,05933	1,30938	0,162	0,809	0,814	— 0,005

Tabelle 29. $Sr_{1/2}NO_3$.

An = 1,108. Bn = 0,858.

0,1029	1,33471	0,00144	1,00881	0,716	1,050	1,037	+ 0,013
0,2051	1,33606	0,00279	1,01748	0,653	1,020	1,021	— 0,001
0,5080	1,34004	0,00677	1,04288	0,555	0,999	0,997	+ 0,002
1,014	1,34643	0,01316	1,08456	0,460	0,974	0,973	+ 0,001
2,019	1,35861	0,02534	1,16575	0,332	0,941	0,941	±
4,029	1,38109	0,04782	1,32222	0,186	0,890	0,904	[— 0,014]

Tabelle 30. KNO_3.

An = 0,805. Bn 0,464.

m	n	$n - n_0$	$s_{18}/_{18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,0937	1,33419	0,00092	1,00619	0,833	0,737	0,748	− 0,011
0,1870	1,33507	0,00180	1,01351	0,785	0,722	0,731	− 0,009
0,4638	1,33768	0,00441	1,02956	0,713	0,713	0,707	+ 0,006
0,925	1,34179	0,00852	1,05858	0,646	0,691	0,685	+ 0,006
2,3496	1,35324	0,01997	1,14056	0,526	0,639	0,644	− 0,005

Tabelle 31. $RbNO_3$.

An = 0,880. Bn = 0,560.

0,1009	1,33435	0,00108	1,01062	0,871	0,803	0,838	[− 0,035]
0,2008	1,33542	0,00215	1,02077	0,819	0,807	0,822	− 0,015
0,4996	1,33854	0,00527	1,05183	0,737	0,791	0,796	− 0,005
0,9985	1,34359	0,01032	1,10267	0,663	0,775	0,772	+ 0,003
1,989	1,35296	0,01969	1,20142	0,572	0,743	0,743	±
2,653	1,35900	0,02573	1,26759	0,522	0,727	0,727	±

Tabelle 32. $Mg_{1/2}Cl$.

An = 0,990. Bn = 0,760.

0,0993	1,33447	0,00120	1,00704	0,753	0,906	0,933	[− 0,027]
0,1987	1,33565	0,00238	1,00791	0,703	0,903	0,922	[− 0,019]
0,4912	1,33920	0,00593	1,01956	0,628	0,905	0,905	±
$0,980_4$	1,34488	0,01161	1,03853	0,556	0,888	0,888	±
$1,953_8$	1,35585	0,02258	1,07504	0,460	0,867	0,866	+ 0,001
$4,314_7$	1,38064	0,04737	1,15860	0,280	0,824	0,824	±

Tabelle 33. $Sr_{1/2}Cl$.

An = 1,160. Bn = 0,880.

0,1020	1,33474	0,00147	1,00736	0,758	1,081	1,093	− 0,012
0,2028	1,33617	0,00290	1,01432	0,716	1,073	1,083	− 0,010
0,5013	1,34035	0,00708	1,03522	0,637	1,059	1,058	+ 0,001
1,005	1,34718	0,01391	1,06921	0,576	1,038	1,041	− 0,003
1,995	1,36027	0,02700	1,13568	0,490	1,016	1,017	− 0,001
3,977	1,38518	0,05191	1,26454	0,357	0,979	0,980	− 0,001
5,489	1,40339	0,07012	1,36203	0,273	0,958	0,957	+ 0,001

Tabelle 34. $Ba_{1/2}Cl$.

An = 1,233. Bn = 0,947.

0,1025	1,33486	0,00159	1,00946	0,753	1,163	1,162	+ 0,001
0,2048	1,33640	0,00313	1,01883	0,707	1,146	1,149	− 0,003
0,5072	1,34092	0,00765	1,04602	0,641	1,131	1,130	+ 0,001
1,0125	1,34834	0,01507	1,09100	0,581	1,116	1,114	+ 0,002
2,0208	1,36257	0,02930	1,17933	0,500	1,087	1,090	− 0,003
3,1364	1,37804	0,04477	1,27730	0,431	1,071	1,070	+ 0,001

Tabelle 35. **K Cl.**

An = 0,865. Bn = 0,309.

m	n	$n - n_0$	$s_{18}/_{18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,1	1,33423	0,00096	$1,0047_9$	0,861	0,724	0,788	[— 0,064]
0,2	1,33525	0,00198	$1,0095_2$	0,830	0,744	0,770	[— 0,026]
0,5	1,33825	0,00498	$1,0235_8$	0,788	0,747	0,747	±
1	1,34299	0,00972	1,0462	0,756	0,729	0,729	±
2	1,35215	0,01888	1,0902	0,712	0,708	0,705	+ 0,003
3	1,36053	0,02726	1,1332	0,680	0,682	0,687	— 0,005

Tabelle 36. **Rb Cl.**

An = 0,933. Bn = 0,359.

0,0992	1,33438	0,00111	1,00888	0,857	0,839	0,851	— 0,012
0,2009	0,33551	0,00224	1,01792	0,834	0,836	0,838	— 0,002
0,5016	1,33875	0,00548	1,04439	0,793	0,819	0,814	+ 0,005
0,9920	1,34390	0,01063	1,08706	0,764	0,804	0,798	+ 0,006
1,997	1,35380	0,02053	1,17293	0,730	0,771	0,778	— 0,007
4,206	1,37446	0,04119	1,3576	0,651	0,735	0,733	+ 0,002

Tabelle 37. **H Cl.**

An = 0,659. Bn = 0,530.

0,5021	1,33755	0,00428	1,00923	0,862	0,639	0,641	— 0,002
1,001	1,34168	0,00841	1,01798	0,793	0,631	0,632	— 0,001
1,990	1,34969	0,01642	1,03516	0,672	0,619	0,617	+ 0,002
4,034	1,36506	0,03179	1,06801	0,480	0,591	0,592	— 0,001

Tabelle 38. **Li J.**

An = 1,554. Bn = 1,517.

0,1088	1,33541	0,00214	1,01092	0,849	1,475	1,548	[— 0,073]
0,2189	1,33780	0,00453	1,02202	0,813	1,549	1,547	+ 0,002
0,5488	1,34456	0,01129	1,05421	0,750	1,544	1,545	— 0,001
1,0955	1,35579	0,02252	1,10743	0,684	1,542	1,542	±
2,1798	1,37796	0,04469	1,21382	0,592	1,537	1,539	— 0,002
4,3593	1,42235	0,08908	1,42514	0,441	1,533	1,533	±

Tabelle 39. **Rb J.**

An = 1,761. Bn = 1,290.

0,0994	1,33542	0,00215	1,01621	0,876	1,630	1,702	[— 0,072]
0,2012	1,33773	0,00450	1,03269	0,846	1,663	1,688	— 0,025
0,5047	1,34462	0,01135	1,08183	0,812	1,684	1,672	+ 0,012
0,979	1,35492	0,02165	1,15824	0,791	1,658	1,662	— 0,004
2,017	1,37758	0,04431	1,32440	0,760	1,647	1,648	— 0,001
4,007	1,41921	0,09594	1,63848	0,673	1,608	1,607	+ 0,001

Tabelle 40. **H J.**

An = 1,507. Bn = 1,680.

m	n	$n - n_0$	$s_{18}/_{18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,0998	1,33524	0,00197	1,00914	0,913	1,489	1,522	— 0,033
0,1990	1,33732	0,00405	1,01828	0,894	1,526	1,525	+ 0,001
0,4979	1,34342	0,01015	1,04574	0,849	1,529	1,533	— 0,004
0,9942	1,35375	0,02048	1,09131	0,783	1,545	1,545	±
2,020	1,37539	0,04212	1,18730	0,667	1,564	1,564	±

Tabelle 41. **Rb Br.**

An = 1,200. Bn = 0,700.

0,0998	1,33476	0,00149	1,00914	0,873	1,120	1,136	[— 0,016]
0,2000	1,33624	0,00297	1,02549	0,841	1,114	1,120	— 0,006
0,5006	1,34056	0,00738	1,06319	0,803	1,106	1,102	+ 0,004
1,010	1,34799	0,01472	1,1268	0,777	1,093	1,089	+ 0,004
2,009	1,36190	0,02863	1,2504	0,744	1,069	1,072	— 0,003
4,000	1,38840	0,05513	$1,4931_4$	0,668	1,034	1,034	±

Tabelle 42. **H Br.**

An = 0,943. Bn = 0,908.

0,0998	1,33451	0,00124	1,00568	0,935	0,939	0,941	— 0,002
0,2000	1,33579	0,00252	1,01129	0,915	0,945	0,940	+ 0,005
0,503	1,33956	0,00629	1,0283	0,865	0,938	0,938	±
1,006	1,34578	0,01251	1,0561	0,791	0,933	0,935	— 0,002
2,014	1,35822	0,02495	1,1126	0,665	0,929	0,931	— 0,002
3,872	1,38115	0,04788	1,2166	0,480	0,927	0,925	+ 0,002

Tabelle 43. **Rb $(SO_4)_{1/2}$.**

An = 1,184. Bn = 0,402.

0,1003	$1,33453_5$	0,00126	1,01131	0,765	0,946	1.000	[— 0,054]
0,2009	1,33576	0,00249	1,02234	0,709	0,930	0,956	[— 0,026]
0,4953	1,33919	0,00592	1,05440	0,633	0,897	0,897	±
0,9955	1,34467	0,01140	1,10754	0,578	0,859	0,854	+ 0,005
2,003	1,35485	0,02158	1,21196	0,517	0,808	0,806	+ 0,002
3,135	1,36512	0,03185	1,32601	0,461	0,762	0,762	±

Tabelle 44. **Li $(Cr O_4)_{1/2}$.**

An = 1,610. Bn = 1,299.

$0,0814_5$	1,33490	0,00163	1,00458	$0,721_2$	1,514	1,523	— 0,009
0,1629	1,33653	0,00326	1,00902	$0,661_0$	1,504	1,505	— 0,001
0,4115	1,34136	0,00809	1,02252	$0,566_1$	1,475	1,475	±
0,823	1,34917	0,01590	1,04437	$0,486_2$	1,449	1,450	— 0,001
2,058	1,37196	0,03869	1,10746	$0,351_9$	1,411	1,408	+ 0,003
4,115	1,40806	0,07479	1,20659	$0,215_7$	1,364	1,366	— 0,002

Tabelle 45. $K(CrO_4)_{1/2}$.

An = 1,750. Bn = 1,102.

m	n	$n - n_0$	$s_{18/18}$	i_{18}	Δn beob.	Δn ber.	d
0,1013	1,33532	0,00205	1,00797	0,735	1,518	1,578	[— 0,060]
0,2026	1,33737	0,00410	1,01562	0,690	1,518	1,549	[- 0,031]
0,5051	1,34345	0,01018	1,03852	0,632	1,512	1,512	+
1,0037	1,35312	0,01985	1,07541	0,582	1,483	1,480	+ 0,003
2,0018	1,37192	0,03865	1,14692	0,527	1,448	1,444	+ 0,004
3,9812	1,40674	0,07347	1,28202	0,438	1,384	1,386	— 0,002

Tabelle 46. $Na(Si\,O_3)_{1/2}$

An = 1,188. Bn = 0,824.

0,1001	1,33474	0,00147	1,00670	0,769	1,104	1,104	+
0,2024	1,33618	0,00291	1,01338	0,700	1,078	1,079	0,001
0,5037	1,34024	0,00697	1,03273	0,584	1,038	1,037	+ 0,001
0,9908	1,34645	0,01318	1,06298	0,480	0,998	0,998	+
1,967	1,35819	0,02492	1,12128	0,348	0,950	0,950	+
3,920	1,37923	0,04596	1,23092	0,188	0,880	0,892	— 0,012

Tabelle 47. Zusammenstellung.

		Li 7,00	Na 23,00	½ Mg 12,16	½ Cu 31,785	½ Cd 56,20	½ Zn 32,685	½ Ca 20,045	½ Sr 43,81	Ag 107,88	½ Ba 68,685	½ Pb 103,55	NH_4 18,042	K 39,10	Rb 85,45	H 1,008
An	JO_3	1,929														1,824
Bn	174,92	1,727														1,669
An—Bn		0,202														0,155
An	$C_2H_3O_2$	0,775	0,906	1,071					1,250			1,724	0,906	0,917		
Bn	59.024	0,712	0,709	0,905					0,993			1,282	0,726	0,692		
An—Bn		0,063	0,197	0 166					0,257			0,442	0,180	0,225		
An	F									1,164			0,537			
Bn	19,00									0,646			0,141			
An—Bn										0,518			0,396			
An	ClO_3		0,833	0,980	1,210	1,160	1,170	1,101	1,184		1,225					0,677
Bn	83,46		0,579	0,780	1,027	1,005	0,920	0,841	0,890		1,015					0,616
An—Bn			0,254	0,200	0,183	0,155	0,250	0,260	0,294		0,210					0,061
An	CNS												1,366	1,392		
Bn	58.08												1,267	1,032		
An—Bn													0,099	0,360		
An	NO_3	[3] 0,643	0,804	0,915	1,145	1,097	1,096	1,049	1,108	[3] 1,369			[3] 0,769	0,805	0,880	[2] 0,594
Bn	62,01	0,564	0,507	0,727	0,988	0 947	0,902	0,766	0,858	1,161			0,584	0,464	0,560	0,520
An—Bn		0,079	0,297	0,188	0,157	0,150	0,194	0,283	0,250	0,208			0,185	0,341	0,320	0,074
An	Cl	[4] 0,731	[5] 0,849	0,990	[1] 1,187				1,160		1,233		[3] 0,830	0,865	0,933	0,659
Bn	35,46	0,551	0,537	0,760	0,951				0,880		0,947		0,490	0,309	0,359	0,539
An—Bn		0,180	0,312	0,230	0,236				0,280		0,286		0,340	0,556	0,574	0,129
An	J	1,554	[4] 1.675											[5] 1,710	1,761	1,507
Bn	126,92	1,517	1,416											1,100	1,290	1,680
An—Bn		0,037	1,259											0,610	0,471	— 0,173
An	Br	[4] 1,006	[4] 1,120											[4] 1,167	1,200	0,943
Bn	79,92	0,895	[5] 0,862											0,580	0,700	0,908
An—Bn		0,111	0,258											0,587	0,500	0,035
An	$^1/_3 SO_4$												[3] 1.086		1,184	
Bn	48,035												0,438		0,402	
An—Bn													0,648		0,782	
An	$^1/_2 CrO_4$	1,610												1,750		
Bn	44,00	1,299												1,102		
An—Bn		0,311												0,648		
An	$^1/_2 SiO_3$		1,188													
Bn	38,15		0,824													
An—Bn			0,364													
An	OH		[2] 0,861											[2] 0,876		
Bn	17,008		0,569											0,463		
An—Bn			0,292											0,413		

1) Chéneveau : 16⁰
2) Chéneveau : 18⁰
3) Chéneveau : 19⁰
4) Wegner : 18⁰
5) Bender : 18⁰

Tabelle 48. Zusammenstellung der Jonenmoduln.*)

Substanz	Ana + Ank	= An ber.	An beob.	Diff.
$LiJO_3$	1,846 + 0,061	1,907	1,929	+ 0,022
HJO_3	1,846 + 0,000	1,846	1,824	− 0,022
$LiC_2H_3O_2$	0,726 + 0,061	0,787	0,775	− 0,012
$NaC_2H_3O_2$	0,726 + 0,185	0,911	0,906	− 0,005
$Mg_{1/2}C_2H_3O_2$	0,726 + 0,329	1,055	1,071	+ 0,016
$Sr_{1/2}C_2H_3O_2$	0,726 + 0,515	1,241	1,250	+ 0,009
$Pb_{1/2}C_2H_3O_2$	0,726 + 0,998	1,724	1,724	(+)
$NH_4C_2H_3O_2$	0,726 + 0,173	0,899	0,906	+ 0,007
$KC_2H_3O_2$	0,726 + 0,206	0,932	0,917	− 0,015
AgF	0,373 + 0,781	1,154	1,164	+ 0,010
NH_4F	0,373 + 0,173	0,547	0,537	− 0,010
$NaClO_3$	0,661 + 0,185	0,846	0,833	− 0,013
$Mg_{1/2}ClO_3$	0,661 + 0,329	0,990	0,980	− 0,010
$Cu_{1/2}ClO_3$	0,661 + 0,538	1,199	1,210	+ 0,011
$Cd_{1/2}ClO_3$	0,661 + 0,509	1,170	1,160	− 0,010
$Zn_{1/2}ClO_3$	0,661 + 0,504	1,165	1,170	+ 0,005
$Ca_{1/2}ClO_3$	0,661 + 0,446	1,107	1,101	− 0,006
$Sr_{1/2}ClO_3$	0,661 + 0,515	1,176	1,184	+ 0,008
$Ba_{1/2}ClO_3$	0,661 + 0,569	1,230	1,225	− 0,005
$HClO_3$	0,661 + 0,000	0,661	0,677	+ 0,016
NH_4CNS	1,189 + 0,173	1,362	1,366	+ 0,004
$KCNS$	1,189 + 0,206	1,395	1,392	− 0,003
$LiNO_3$	0,597 + 0,061	0,658	0,643	− 0,015
$NaNO_3$	0,597 + 0,185	0,783	0,804	+ 0,021
$Mg_{1/2}NO_3$	0,597 + 0,329	0,926	0 915	− 0,011
$Cu_{1/2}NO_3$	0,597 + 0,538	1,135	1,145	+ 0,010
$Cd_{1/2}NO_3$	0,597 + 0,509	1,106	1,097	− 0,009
$Zn_{1/2}NO_3$	0,597 + 0,504	1,101	1,096	− 0,005
$Ca_{1/2}NO_3$	0,597 + 0,446	1,043	1,049	+ 0,006
$Sr_{1/2}NO_3$	0,597 + 0,515	1,112	1,108	− 0,004
$AgNO_3$	0,597 + 0,781	1,378	1,369	− 0,009
NH_4NO_3	0,597 + 0,173	0,770	0,769	− 0,001
KNO_3	0,597 + 0,206	0,803	0,805	+ 0,002
$RbNO_3$	0,597 + 0,270	0,867	0,880	+ 0,013
HNO_3	0,597 + 0,000	0,597	0,594	− 0,003
$LiCl$	0,658 + 0,061	0,719	0,731	+ 0,012
$NaCl$	0,658 + 0,185	0,843	0,849	+ 0,006

*) Ungefähre Genauigkeit der Moduln.

Tabelle 49. Fortsetzung von Tabelle 48.

Substanz	Ana + Ank	= An ber.	An beob.	Diff.
$Mg_{1/2}Cl$	0,658 + 0,329	0,987	0,990	+ 0,003
$Cu_{1/2}Cl$	0,658 + 0,538	1,196	1,187	— 0,009
$Sr_{1/2}Cl$	0,658 + 0,515	1,173	1,160	— 0,013
$Ba_{1/2}Cl$	0,658 + 0,569	1,227	1,233	+ 0,006
NH_4Cl	0,658 + 0,173	0,831	0,830	— 0,001
KCl	0,658 + 0,206	0,864	0,865	+ 0,001
RbCl	0,658 + 0,270	0,928	0,933	+ 0,005
HCl	0,658 + 0,000	0,658	0,659	+ 0 001
LiJ	1,497 + 0,061	1,558	1,554	— 0,004
NaJ	1,497 + 0,185	1,682	1,675	— 0,007
KJ	1,497 + 0,206	1,703	1,710	+ 0,007
RbJ	1,497 + 0,270	1,767	1,761	— 0,006
HJ	1,497 + 0,000	1,497	1,507	+ 0,010
LiBr	0,943 + 0,061	1,004	1,006	+ 0,002
NaBr	0,943 + 0,185	1,128	1,120	— 0,008
KBr	0,943 + 0,206	1,149	1,167	+ 0,018
RbBr	0,943 + 0,270	1,213	1,200	— 0,013
HBr	0,943 + 0,000	0,943	0,943	+
$NH_4(SO_4)_{1/2}$	0,914 + 0,173	1,087	1,086	— 0,001
$Rb(SO_4)_{1/2}$	0,914 + 0,270	1,184	1,184	+
$Li(CrO_4)_{1/2}$	1,546 + 0,061	1,607	1,610	+ 0,003
$K(CrO_4)_{1/2}$	1,546 + 0,206	1,752	1,750	— 0,002
$Na(SiO_3)_{1/2}$	1,003 + 0,185	1,188	1,188	+
NaOH	0,673 + 0,185	0,858	0,861	+ 0,003
KOH	0,673 + 0,206	0,879	0,876	— 0,003

Tabelle 50. $NaNO_3$.

m	$n_{H\alpha}$	n_{Na}	$n_{H\beta}$	$n_{H\gamma}$	i_{18}
H_2O	1,33141	1,33327	1,33735	1,34056	
0,5116	1,33623	1,33813	1,34234	1,34572	0,702
1,025	1,34080	1,34274	1,34711	1,35060	0,624
2,032	1,34918	1,35111	1,35584	1,35957	0,518
3,979	1,36383	1,36606	1,37124	1,37546	0,372

	Δn			Δn			Δn			Δn		
	beob.	ber.	d	beob.	ber.	d	beob.	ber.	d	beob.	ber.	d
0.5116	0,708	0,710	— 0,002	0,713	0,715	— 0,002	0,730	0,733	— 0,003	0,752	0,754	— 0,002
1,025	0,688	0,687	+ 0,001	0,693	0,693	±	0,712	0,710	+ 0,002	0,731	0,730	+ 0,001
2,032	0,655	0,655	±	0,659	0,661	— 0,002	0,680	0,679	+ 0,001	0,698	0,698	±
3,979	0,612	0,612	±	0,618	0,618	±	0,637	0,637	±	0,654	0,654	±
An		0,798			0,804			0,820			0,844	
Bn		0,502			0,507			0,528			0,542	
An—Bn		0,296			0,297			0,292			0,302	

Tabelle 51. $Mg^1/_2 Cl$.

m	$n_{H\alpha}$			n_{Na}			$n_{H\beta}$			$n_{H\gamma}$			i_{18}
H_2O	1,33141			1,33327			1,33735			1,34056			
0,4937	1,33739			1,33920			1,34351			1,34681			0,628
0,9804	1,34298			1,34488			1,34927			1,35271			0,556
1,9538	1,35389			1,35585			1,36058			1,36423			0,460
4,3147	1,37839			1,38064			1,38589			1,39002			0,280
	Δn			Δn			Δn			Δn			
	beob.	ber.	d	beob.	ber.	d	beob.	ber.	d	beob.	ber.	d	
0,4937	0,910	0,906	+ 0,004	0,905	0,905	±	0,931	0,930	+ 0,001	0,944	0,944	±	
0,9804	0,886	0,887	— 0,001	0,888	0,888	±	0,909	0,912	— 0,003	0,924	0,925	— 0,001	
1,9538	0,864	0,864	±	0,867	0,866	+ 0,001	0,889	0,887	+ 0,002	0,904	0,901	+ 0,003	
4,3147	0,818	0,819	— 0,001	0,824	0,824	±	0,841	0,841	±	0,855	0,855	±	
An		0,997			0,990			1,025			1,038		
Bn		0,750			0,760			0,770			0,784		
An—Bn		0,247			0,230			0,255			0,254		

Tabelle 52. H Cl.

m	$n_{H\alpha}$	n_{Na}	$n_{H\beta}$	$n_{H\gamma}$	i_{18}
H_2O	1,33141	1,33327	1,33735	1,34056	
0,5021	1,33567	1,33755	1,34179	1,34511	0,862
1,001	1,33974	1,34168	1,34605	1,34948	0,793
1,990	1,34762	1,34969	1,35430	1,35792	0,672
4,034	1,36282	1,36506	1,37019	1,37421	0,480

	Δn			Δn			Δn			Δn		
	beob.	ber.	d	beob.	ber.	d	beob.	ber.	d	beob.	ber.	d
0,5021	0,637	0,636	+ 0,001	0,639	0,641	— 0,002	0,661	0,661	±	0,676	0,675	+ 0,001
1,001	0,626	0,627	0,001	0,631	0,632	— 0,001	0,651	0,652	0,001	0,665	0,666	0,001
1,990	0,612	0,611	+ 0,001	0,619	0,617	+ 0,002	0,637	0,636	+ 0,001	0,650	0,650	±
4,034	0,584	0,585	— 0,001	0,591	0,592	— 0,001	0,609	0,610	- 0,001	0,622	0,623	- 0,001
An		0,655			0,659			0,680			0,695	
Bn		0,520			0,530			0,546			0,556	
An—Bn		0,135			0,129			0,134			0,139	

Tabelle 53.

$$M\,\frac{n_1-1}{s_1} = \begin{cases} 1/3\ (40\ Bn - 10\ Bs + M) = R_1 \\ 1/3\ (40\ An - 10\ As + M) = R_2 \end{cases}$$

Substanz	n_1	s_1	$M\frac{n_1-1}{s_1}$	R_1	Diff. in %	R_2	Diff. in %
$NaClO_3$	1,515	2,29	23,0	22,3	+ 3	22,2	+ 3,5
$NaNO_3$	* 1,502	2,26	19,1	18,7	+ 2	19,0	+ 0,5
KNO_3	* 1,449	2,09	21,6	22,5	— 4	22,0	- 2
NaCl	1,544	2,17	14,6	15,4	— 5	16,2	—10
NH_4Cl	1,642	1,54	22,3	23,0	— 3	22,1	+ 1
KCl	1,490	1,98	18,5	19,1	— 3	19,2	— 3 5
RbCl	1,493	2,81	21,2	22,3	— 5	21,0	+ 1
KBr	1,559	2,69	24,6	24,0	+ 2,5	25,7	— 4
RbBr	1,553	3,36	27.2	28,2	— 4	27,8	— 2
KJ	1,667	3,07	35,9	34,3	+ 4,5	36,8	— 2,5
RbJ	1,626	3,57	37,2	39,2	— 5	39,1	- 5
$K(CrO_4)\,1/2$	1,725	2,72	25.8	27,3	— 5,5	27,0	— 4
$Mg1/2\,C_2H_3O_2\,2H_2O$	1,491	1,45	36,2	35,3	+ 2	35,5	+ 2
$Sr1/2\,NO_3$	1,567	2,88	20,8	21,4	— 3	20,1	+ 4
$Rb(SO_4)\,1/2$	** 1,513	3,61	19,0	20,3	— 6,5	19,6	— 3
$1/2\,(BaCl_2\,2H_2O)$	** 1,648	3,06	25,9	25,6	+ 1	25,1	+ 3
$1/2\,(Ba(ClO_3)_2\,H_2O)$	** 1,591	3,13	30,4	28,9	+ 5	28,5	+ 6
$NH_4(SO_4)\,1/2$	** 1,526	1,76	19,7	19,6	+ 0,5	20,3	- 3

* Mittelwerte: $n_1 = \frac{2n_0 + n_e}{3}$

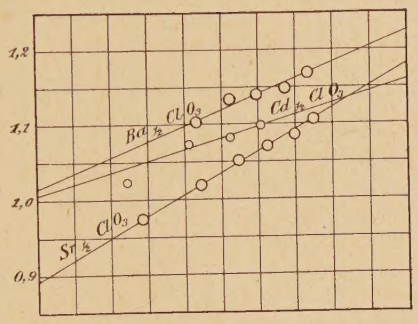
** „ : $n_1 = \frac{n_\alpha + n_\beta + n_\gamma}{3}$

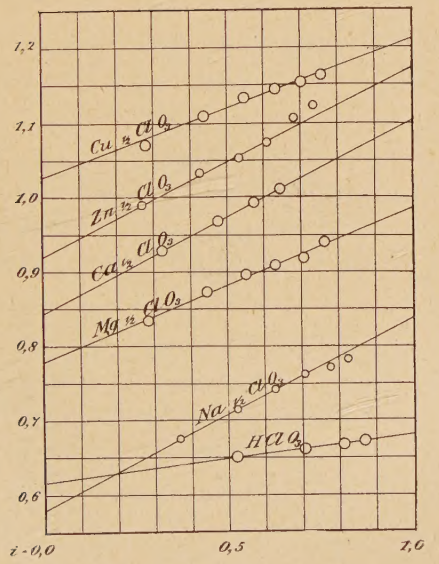
Literaturverzeichnis.

C. Bender, Wied. Ann. **39,** S. 89, 1890.
A. H. Borgesius, Wied. Ann. **54,** S. 221, 1895.
C. Chéneveau, Ann. de chim. et phys. (8) **12,** S. 145, 289; 1907.
H. Clausen, Inaug.-Diss., Rostock, 1910.
E. Grüneisen, Wiss. Abh. d. Phys., Techn. R.-A IV, S. 245; 1900.
W. Hallwachs, Wied. Ann. **47,** S. 380, 1892; **53,** S. 1; 1894.
A. Heydweiller, Ann. d. Phys. **30,** S. 873; 1909.
F. Mylius und R. Funk, Wiss. Abh. d. Phys., Techn. R.-A. III, 446; 1900.
B. Walter, Wied. Ann. **38,** S. 107; 1889.
K. Wegner, Inaug.-Diss., Bonn, 1888.
v. d. Willigen, Landolt und Börnsteins Tabellen, S. 683; 1905.

Tafel I.

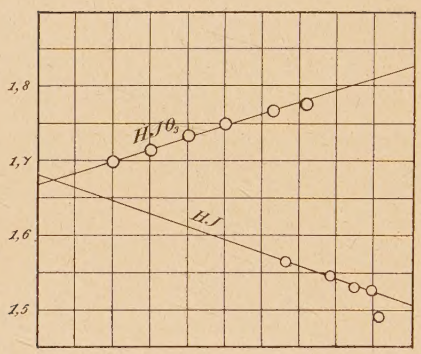
$$\Delta n = 100 \frac{n - n_0}{n_0 \cdot m}$$

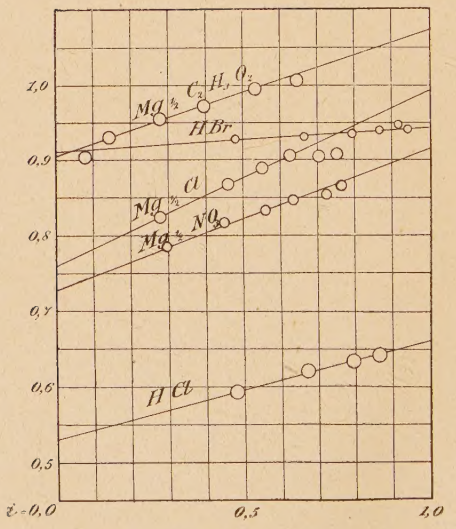




Tafel II.

$$\Delta_n = 100 \frac{n - n_0}{n_0 \cdot m}$$





Vorstehende Arbeit wurde im physikalischen Institut der Universität Rostock auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Prof. Dr. A. Heydweiller ausgeführt.

Es sei mir gestattet, Herrn Prof. Dr. Heydweiller für die stets gewährte Hülfe und die oft erteilten wertvollen Ratschläge aufrichtigst zu danken.

Lebenslauf.

Ich, Erich Johann Hermann Christian Rubien, wurde am 7. Februar 1883 zu Klütz i. Meckl. geboren als Sohn des Kaufmanns Fr. Rubien und seiner Ehefrau Ottilie geb. Schultz. Nach zweijährigem Besuch des Realgymnasiums in Malchin ging ich auf das Gymnasium zu Rostock über, wo ich Michaelis 1903 das Abiturientenexamen bestand. Im folgenden Jahre genügte ich meiner Militärpflicht beim Füsilier-Regiment No. 90 und studierte dann in Rostock und München Physik, Mathematik und Naturwissenschaften. Seit Ostern 1911 bin ich als Vol. Assistent am physikalischen Institut zu Rostock tätig. Am 27. November 1911 bestand ich das Examen rigorosum.